Energy, Mines and Resources Canada | Énergie, Mines et Ressources Canada

CANMET

Canada Centre for Mineral and Energy Technology | Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie

L'INFLUENCE DU TYPE DE POELE A BOIS SUR LE RENDEMENT

A.C.S. Hayden et R.W. Braaten

Laboratoire canadien de recherche sur la combustion

Mars 1980

Document présenté à la réunion annuelle du Canadian Wood Energy Institute, tenue à Toronto du 31 mars au 2 avril 1980.

DROITS D'AUTEUR RESERVES A LA COURONNE

MICROMEDIA

PROGRAMME DE RECHERCHE ENERGETIQUE
LABORATOIRES DE RECHERCHE SUR L'ENERGIE
RAPPORT DE DIVISION ERP/ERL 80-46F (TR)

20 pp

This document is an unedited interim report prepared primarily for discussion and internal reporting purposes. It does not represent a final expression of the opinion of the Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET)

Ce document est un rapport provisoire non-révisé et rédigé principalement pour fin de discussion et de documentation interne. Il ne représente nullement l'expression définitive de l'opinion du Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET)

90-06014/

L'INFLUENCE DU TYPE DE POELE A BOIS SUR LE RENDEMENT

par

A.C.S. Hayden* et R.W. Braaten**

RESUME

Le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion a mené une série d'expériences sur les appareils de chauffage au bois (poêles à bois) au moyen d'une méthode indirecte de perte de chaleur pour en mesurer les caractéristiques d'efficacité et de rendement. Un bon poêle à bois doit pouvoir fonctionner la plupart du temps à des niveaux d'air excédentaire et de température de fumée raisonnablement bas, sans émettre trop de produits de combustion incomplète.

Les expériences menées sur cinq types différents de poêle révèlent que les foyers et les poêles non étanches sont très peu efficace et qu'ils peuvent produire des émissions élevées, tandis que les poêles étanches bien conçus et bien construits peuvent donner des rendements allant jusqu'à 77 %. Ainsi, les poêles à tirage latéral en particulier et, à un moindre degré, ceux munis d'un détecteur horizontal, semblent fournir un meilleur rendement que les autres types de poêles à bois, tout en réduisant les émissions.

---

*Chercheur scientifique.
**Ingénieur, Laboratoire canadien de recherche sur la combustion, Laboratoires de recherche énergétique, CANMET, Energie, Mines et Ressources Canada, Ottawa.

EFFECT OF WOOD STOVE DESIGN ON PERFORMANCE

by

A.C.S. Hayden* and R.W. Braaten**

ABSTRACT

Using an indirect stack loss method to measure efficiency and performance characteristics, the Canadian Combustion Research Laboratory (CCRL) has carried out a series of experiments on wood-fired space heaters (stoves). A good stove design should allow the heater to run a majority of the time at a reasonably low-excess air level and flue gas temperature without producing excessive emissions of incomplete combustion products.

Results on five different stove types show that a fireplace or non-airtight stove is very inefficient and can have high emissions, while a well-designed and well-constructed airtight stove may have efficiencies as high as 77%. In particular, sidedraft designs and, to a lesser extent, horizontal baffle designs appear to offer potential for higher efficiencies and lower emissions than other stove types.

---

*Research Scientist and **Research Engineer, Canadian Combustion Research Laboratory, Energy Research Laboratories, CANMET, Energy, Mines and Resources Canada, Ottawa.

TABLES DES MATIERES

	Page
RESUME	i
ABSTRACT	ii
INTRODUCTION	1
RENDEMENT	1
Rendement de l'appareil	2
TYPES DE POELES	2
PARAMETRES DE COMBUSTION INFLUANT SUR LE RENDEMENT	4
RESULTATS D'EXPERIENCE	5
CONCLUSIONS	7
REFERENCES	8

TABLEAUX

N°		
1:	Données typiques du rendement de cinq types de poêles à bois	9

FIGURES

1.	Schéma d'un foyer indépendant non étanche	10
2.	Schéma d'un poêle étanche à tirage simple (aucun dispositif réel de déflection)	11
3.	Schéma d'un poêle étanche à déflecteur horizontal	12
4.	Schéma d'un poêle étanche à tirage vers le bas	13
5.	Schéma d'un poêle étanche à tirage latéral	14
6.	Emissions relatives de monoxyde de carbone, selon le type de poêle	15
7.	Rendement de divers types de poêles à bois	16

INTRODUCTION

Les propriétaires de maison, qui se rendent compte que les principaux combustibles de chauffage résidentiel - pétrole et gaz naturel-sont des ressources non renouvelables et de plus en plus coûteuses, tentent actuellement de trouver d'autres moyens de se chauffer. Il en résulte, entre autres, une augmentation stupéfiante de l'intérêt porté au chauffage au bois, plus particulièrement aux poêles à bois. Les consommateurs se sont lancés à la recherche des poêles à bois efficaces; la vaste gamme d'affirmations faites par les fabricants et les détaillants, dans leur réclame, a cependant vite fait de déconcerter la plupart d'entre eux. En effet, chaque poêle est qualifié de "plus efficace sur le marché" ou d'une capacité de chauffage de x mètres carrés", et ce ne sont que quelques exemples. Toutefois, il existe très peu de données vérifiées et objectives à l'appui de ces revendications.

Parallèlement, en raison de l'utilisation accrue du bois, les émissions produites par la combustion font l'objet de préoccupations croissantes. Ces émissions peuvent causer des problèmes environnementaux en aval de l'habitation et provoquer des incendies lorsqu'elles se condensent pour former de la créosote dans les tuyaux. Puisque ces produits de combustion incomplète entraînent également une perte d'efficacité, en réduire la quantité peut augmenter le taux d'utilisation du contenu énergétique du bois.

Des expériences ont été menées relativement à un certain nombre de poêles à bois représentant les cinq types fondamentaux. Dans le texte qui suit, les résultats de ces expériences sont décrits et la relation entre la conception et le rendement, du double point de vue de l'efficacité et des émissions, discutée.

RENDEMENT

Le rendement de l'appareil est la capacité qu'a un poêle à bois d'extraire de la chaleur du combustible et de la transmettre dans la maison. Il s'agit donc du rapport entre la chaleur transmise dans la maison et celle qui est extraite du bois. Réciproquement, le rendement est, au départ, de 100 %, moins les pertes de chaleur par la cheminée durant la combustion.

Il ne faut pas confondre cette notion avec le rendement de combustion, soit le degré de combustion totale. Dans la plupart des calorifères à

l'huile et au gaz, la combustion est effectivement complète. Puisque les émissions de monoxyde de carbone, d'hydrocarbure et de suie sont minimes, le rendement de combustion est presque toujours supérieur à 99,6 %. Par contre, la combustion est loin d'être aussi complète dans les appareils alimentés au bois, et les émissions qui en résultent sont considérables. Le rendement de combustion peut être inférieur à 94 %.

Rendement de l'appareil

Ce rendement se mesure soit directement, à l'aide d'une chambre calorimétrique, ou indirectement, au moyen d'une méthode perfectionnée de calcul des pertes de chaleur. Les méthodes sont décrites en détail dans l'ouvrage de référence n° 1. Pour évaluer ce rendement selon la méthode des pertes de chaleur, il faut déterminer les pertes raisonnables de chaleur, ainsi que celles qui sont dues à la combustion de l'hydrogène, à la combustion incomplète et à la teneur en eau du bois.

Le Laboratoire canadien de recherche sur la combustion (L.C.R.C.) a choisi la méthode indirecte, étant donné qu'elle permet d'expliquer pourquoi un poêle en particulier donne un bon ou mauvais rendement, qu'elle ne modifie en rien le rendement du poêle pendant qu'il fonctionne, qu'elle peut être utilisée à l'extérieur du laboratoire et qu'elle donne des renseignements détaillés sur les émissions et sur les possibilités de formation de créosote.

Des données concernant le rendement du poêle sont relevées continuellement, tout au long du cycle de combustion, au moyen d'analyseurs électroniques de fumée qui permettent de mesurer le CO_2, le CO, l'O_2, le HC et le NO_x, d'une cellule à rosée (mesure de l'eau), d'un échantillonneur de particules solides, de thermocouples Cr-Al (mesure des températures) et d'une balance à affichage numérique qui enregistre le taux de combustion. Un système d'enregistrement des données effectue, toutes les dix secondes, un balayage complet des données pour les mémoriser sur bandes magnétiques. Il devient dès lors aisé de produire et d'analyser un profil détaillé du rendement à l'aide d'un calculateur numérique.

TYPES DE POELES A BOIS

Il existe deux sortes d'appareil de chauffage au bois (poêle à bois), ceux qui sont étanches et ceux qui ne le sont pas. Les foyers font partie

de cette dernière catégorie. Les appareils étanches, dans lesquels l'air de combustion est étroitement contrôlé, peuvent se subdiviser en plusieurs types, selon le débit des gaz dans la chambre de combustion du poêle. Voici donc une brève description des cinq types d'appareil analysés dans le présent document.

Les foyers, indépendants ou intégrés, sont les appareils de chauffage au bois les plus courants, bien qu'ils aient un rendement très fiable. Des analyses effectuées sur place par le L.C.R.C. révèlent que l'utilisation de foyers intégrés de type classique peut en réalité faire augmenter la consommation de mazout en raison de la forte succion d'air produite par ces appareils(1). La figure 1 du présent document illustre les résultats des essais effectués sur les foyers indépendants. Ce type d'appareil ne contrôle pas le débit d'air de combustion, le seul réglage possible étant le registre situé en aval. Les foyers ne sont évidemment pas étanches; ils ne sont pas munis de déflecteurs internes pour faciliter la combustion ou la diffusion de la chaleur.

Le deuxième type d'appareil est le poêle étanche à tirage simple. L'entrée d'air carburant est réglable, mais la chambre de combustion de ce poêle n'est munie d'aucun détecteur interne vraiment efficace, de sorte que la flamme et les matières volatiles peuvent être expulsées directement vers la sortie. (voir figure 2).

Le troisième type est le poêle étanche à déflecteur horizontal (figure 3). Ce type de poêle possède un déflecteur essentiellement horizontal (et non incliné vers le haut) qui part de l'arrière du poêle et se rend au moins à mi-chemin vers l'avant. L'air de combustion est contrôlé à l'avant, là où le bois a tendance à brûler. La fumée et les autres produits de combustion incomplète sont libérés à l'arrière du poêle, loin de la flamme, et sont réacheminés, sous le déflecteur, vers la flamme où ils peuvent brûler à nouveau s'ils entrent en contact avec celle-ci. La fumée circule ensuite au-dessus du déflecteur et se dirige vers le tuyau.

Un autre type de poêle est le poêle étanche à tirage vers le bas, dont le schéma se trouve à la figure 4. Dans ce type de poêle, l'air de combustion est contrôlé, et le bois est placé sur une grille. Lorsque le feu est allumé,

la soupape verticale située vers le haut doit être ouverte, ce qui le rend semblable au poêle à tirage simple, pour ainsi promouvoir une combustion rapide. Lorsque le feu est rendu à l'état de braises, cette soupape doit être fermée, ce qui force la fumée à redescendre et à passer au-dessus des braises où à les traverser avant de ressortir par le tuyau.

Le dernier type, illustré à la figure 5, est le poêle étanche à tirage latéral. Ce poêle est muni d'un déflecteur vertical, laissant une ouverture de 4 à 6 cm de hauteur dans le bas et muni d'une soupape dans le haut. Cette soupape est ouverte au début de la combustion, tout comme dans le poêle à tirage vers le bas. Lorsque la chaleur produite est suffisante pour soutenir un tirage convenable, cette soupape doit être refermée. Les flammes se déplacent alors horizontalement, parallèles au lit de combustible, vers l'ouverture du déflecteur. La fumée et les matières volatiles libérées loin de la flamme se dirigent alors vers l'ouverture inférieure du déflecteur. Si à ce moment la flamme est suffisante, les produits de combustion incomplète seront brûlés à nouveau avant de s'échapper par le tuyau.

PARAMETRES DE COMBUSTION INFLUANT SUR LE RENDEMENT

Il existe trois paramètres de rendement pour les poêles à bois. Ceux-ci suffisent à déterminer jusqu'à quel point chaque type de poêle parvient à donner un rendement élevé et à maintenir un faible taux d'émissions.

Le premier paramètre est l'excès d'air, mesuré d'après les concentrations d'oxygène et (ou) de gaz carbonique présentes dans la fumée. Plus l'excès d'air est grand, plus les pertes de chaleur (dues à l'échappement de la fumée) seront élevées et l'efficacité de l'appareil réduite (1).

Le deuxième paramètre est la température de la cheminée. Plus la température des fumées s'échappant du poêle est élevée, plus les pertes de chaleur seront grandes et moins l'appareil sera efficace.

L'excès d'air et la température de la cheminée constituent ce que l'on qualifie de pertes raisonnables de chaleur des poêles à bois.

Le troisième paramètre est la quantité de produits de combustion incomplète, surtout le monoxyde de carbone et les hydrocarbures peu ou pas brûlés. Le contenu énergétique de ces produits n'a pas été libéré et s'échappe par la

cheminée, d'où les pertes de chaleur. C'est de là que viennent les risques d'utilisation des poêles à bois, soit la formation de créosote, de monoxyde de carbone toxique (CO) et toutes autres émissions nuisibles à l'environnement. Dans le cadre des essais menés par le L.C.R.C., les émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbure avaient tendance à se repérer facilement tout au long du cycle de combustion, permettant de comparer les quantités de CO émises par les différents types de poêl et ainsi de déterminer le degré relatif de combustion totale dans chacun de ces types de poêle.

Afin de réduire les quantités de produit de combustion incomplète, il faut des quantités d'air convenables, au bon endroit, et des températures assez élevées pour qu'il y ait en fait combustion. En règle générale, les efforts en vue de réduire ce genre de perte ont tendance à accroître les pertes raisonnables de chaleur dues à un trop grand excès d'air ou à des températures de cheminée trop élevées. Pour chaque type de poêle, il existe ordinairement un taux de chauffe optimal. Au-delà de ce taux, les pertes raisonnables de chaleur augmentent plus rapidement que la diminution des pertes dues à la combustion incomplète; en-deça, c'est l'inverse qui se produit.

Un bon poêle à bois fonctionnera, la majorité du temps, de façon à réduire au minimum ces deux types de perte. Autrement dit, ce poêle doit fonctionner à des niveaux relativement bas d'excès d'air et de température de cheminée sans produire trop de créosote et d'autres émissions indésirables.

RESULTATS D'EXPERIENCE

Le tableau 1 donne les résultats moyens des expériences effectuées sur les cinq types de poêle à bois. Ces expériences portaient sur l'excès d'air, la température de cheminée, les émissions de monoxyde de carbone (et donc de produits de combustion incomplète) et le rendement de l'appareil. Les émissions de CO sont exprimées en termes à la fois de masse par unité de combustible brûlé et de masse par unité de chaleur produite. Cette dernière façon de comparer les taux d'émission est probablement plus réaliste puisque les appareils qui les produisent sont considérés comme des sources de chaleur. Elle se rapproche de la méthode établie dans les normes régissant les émissions des automobiles, fondées sur les grammes de polluant par kilomètre parcouru, soit une mesure de rendement.

Les niveaux d'excès d'air peuvent varier de plus de 1 800 % dans le cas des foyers indépendants, à 60 % niveau très fiable, dans le cas des poêles à tirage vers le bas. Il est donc surprenant de constater que malgré cet excès d'air élevé, les foyers émettent quand même des quantités importantes de monoxyde de carbone. En termes de production de chaleur, le foyer, dont le rendement d'appareil n'est que de 24 %, émet trois fois plus de CO que le moins bon des poêles à bois étanches, c'est-à-dire les poêles à tirage simple et à tirage vers le bas, et six fois plus que les poêles à tirage latéral, qui produisent le moins d'émissions.

D'après le tableau 1, la conception du poêle influence considérablement son rendement et les quantités de matières dégagées. Le poêle à tirage latéral, qui utilise des techniques de combustion relativement perfectionnées, produit à peine un peu plus de la moitié des émissions des poêles à tirage simple. A 76 %, il possède le meilleur rendement de tous les poêles, ce qui représente une amélioration de 16% par rapport à celui du poêle à tirage simple. Au deuxième rang en termes d'émissions, se trouve le poêle à déflecteur horizontal. Son rendement n'est que de 4% inférieur à celui du poêle à tirage latéral.

Bien qu'il offre un bon rendement (à peu près semblable à ceux des poêles à tirage latéral et à déflecteur horizontal), le poêle à tirage vers le bas fonctionne à un niveau d'excès d'air très bas, de 60 % seulement. En termes de chaleur produite, il en résulte des quantités d'émissions supérieures à celles des poêles à tirage simple. Ce taux élevé d'émissions s'explique partiellement du fait que le poêle utilisé pour les essais a fonctionné presque au régime le plus bas de chauffage, afin de représenter l'usage réel qu'on en fait dans les résidences canadiennes. Selon d'autres analyses menées par le L.C.R.C., ce type de poêle procure plus de confort s'il fonctionne à un rythme de combustion d'au moins 10 kg de bois par heure, ce qui donne une production continuelle de chaleur allant jusqu'à 90 MJ/h. Lorsque l'on considère que la demande moyenne de chaleur dans une résidence d'Ottawa, durant l'hiver (2), n'est que le 15 MJ/h, il est évident que ce type de poêle est beaucoup trop gros pour ce genre d'usage.

Bien que, d'après les résultats des expériences, les poêles à déflecteur bien conçus puissent éventuellement avoir un rendement supérieur à celui des poêles à tirage simple, des essais effectués ailleurs (3) indiquent que les rendements de divers poêles d'une même catégorie peuvent varier considérablement, selon l'utilisation que font les poêles des éventuels avantages, du point de vue du rendement, que leur confère leur conception.

Selon des essais antérieurs effectués sur place (1), des profils de rendement ont été élaborés, concernant une maison chauffée par une chaudière électrique et un poêle hybride à tirage latéral bien conçu, dont la porte s'ouvre si l'on désire s'asseoir au coin du feu. En utilisant les techniques élaborées par le L.C.R.C. (2), ces profils ont été intégrés, sur toute la saison de chauffage, pour donner la consommation annuelle. Dans le cas présent, le poêle à tirage latéral a donné un rendement saisonnier de 65 %, en comparaison avec le système de chauffage électrique. Son rendement est donc aussi élevé que le rendement saisonnier accepté des systèmes de chauffage central à l'huile et au gaz naturel

CONCLUSIONS

1. Les poêles à tirage latéral actuels de bonne conception sont plus avantageux, au plan du rendement et des taux d'émissions, que tout autre type de poêle étanche actuellement disponible.

2. Les poêles à déflecteur horizontal bien conçus semblent offrir le deuxième meilleur rendement.

3. Les poêles à tirage vers le bas disponibles n'offrent pas beaucoup plus d'avantages, du point de vue du rendement global, que les poêles à tirage simple, qui ont un faible rendement.

4. Les poêles à tirage simple, qui ne sont pas munis d'un déflecteur interne, produisent des taux élevés d'émission. De tous les types de poêles à bois étanches, ils ont le pire rendement.

5. Les foyers sont très inefficaces; ils peuvent avoir un taux d'émission très élevé par unité de chaleur produite.

6. Le rendement d'un type de poêle en particulier dépend de l'utilisation que le poêle fait des éventuels avantages, du point de vue du rendement, que lui confère sa conception.

7. La réduction des émissions dues à des produits de combustion incomplète au moyen d'améliorations techniques aura pour conséquence directe de diminuer la formation de créosote.

8. Les poêles à bois étanches ou hybrides, à tirage latéral ou à déflecteur horizontal, s'ils sont bien conçus et bien construits, peuvent être le complément idéal de tous les types d'installations de chauffage existantes, car ils en réduisent la demande de combustibles primaires.

REFERENCES

1. Hayden, A.C.S. "Efficiency of wood-fired appliances"; préparé pour le manuel de cours intitulé Installation, Operation and Maintenance of Wool-Burning Appliances du Canadian Wood Energy Institue; Division Report ERP/ERL 78-82 (TR); CANMET, Energie, Mines et Ressources Canada, 1978.

2. Hayden, A.C.S., Braaten, R.W. et Brown, T.D. "Oil conservation in home heating"; J. Eng Power 99:3:413-418, 1977.

3. Hayden, A.C.S. et Braaten, R.W. "Performance of domestic wood-fired appliances"; Air Pollu Control Assoc APCA 80-73, mars 1980.

Type de poêle	Excès d'air (%)	Température de la cheminée °C	Quantité de monoxyde de carbone dégagée		Rendement de l'appareil (%)
			/quantité de combustible	/Chaleur produite	
Foyer indépendant	1860	92	200%	610%	24
Tirage simple*	450	152	180%	200%	62
Déflecteur horizontal*	230	110	140%	150%	73
Tirage vers le bas*	60	117	190%	200%	72
Tirage latéral*	160	122	base	base	77

Tableau 1. Données typiques du rendement de cinq types de poêles à bois

* Poêles étanches

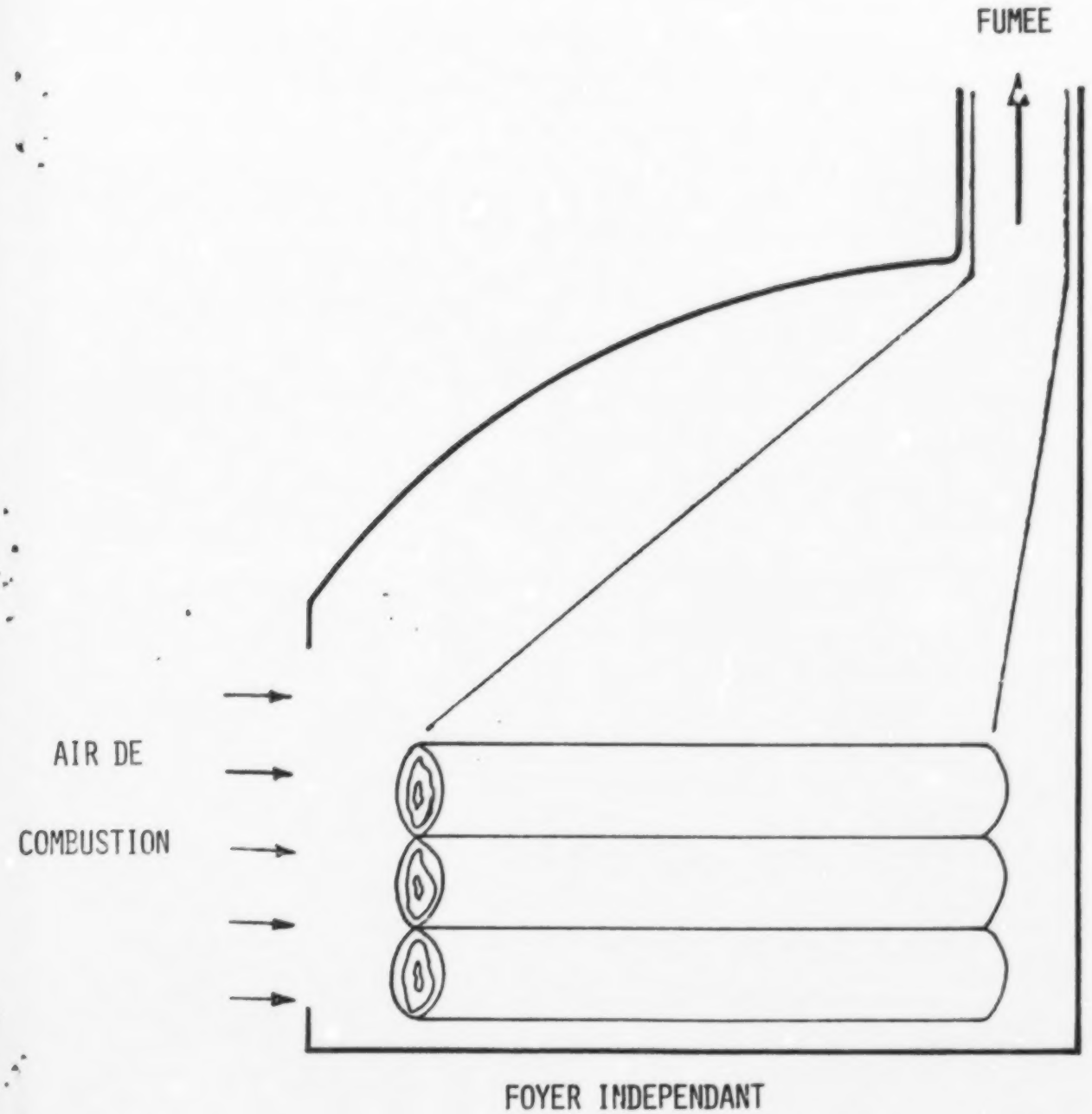

Figure 1. Schéma d'un foyer indépendant

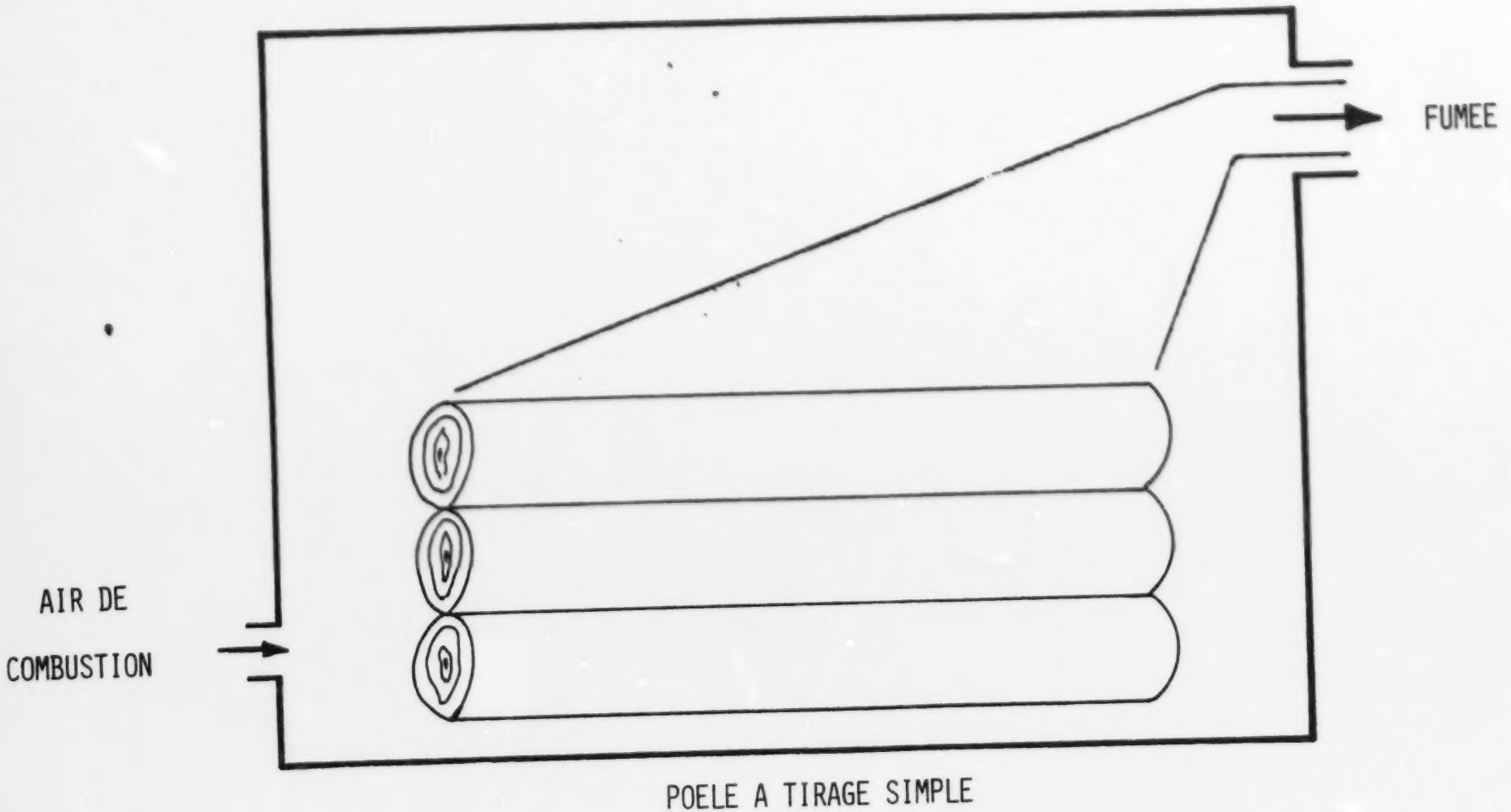

Figure 2. Schéma d'un poêle étanche à tirage simple (aucun dispositif réel de déflection)

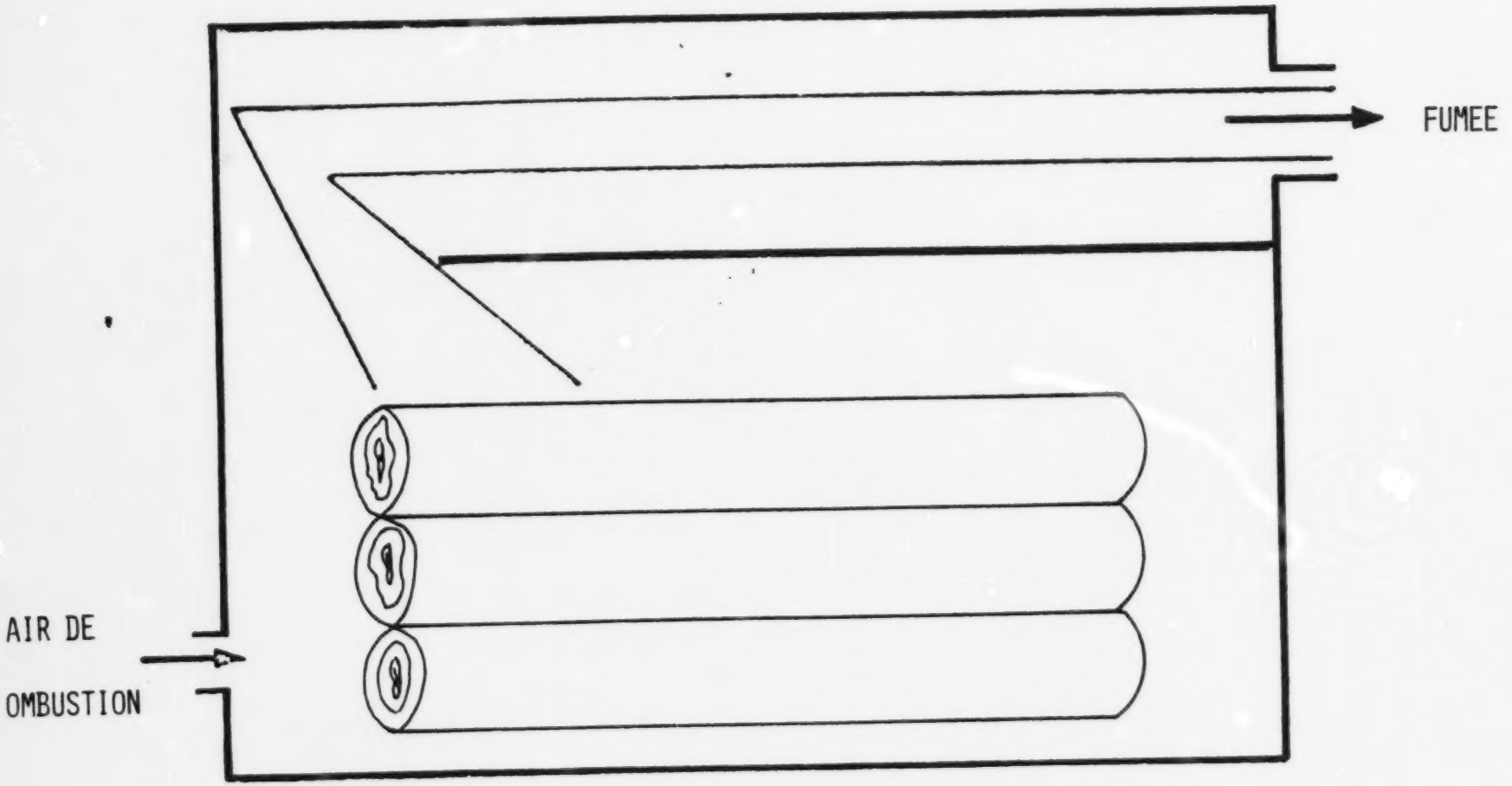

Figure 3. Schéma d'un poêle étanche à déflecteur horizontal

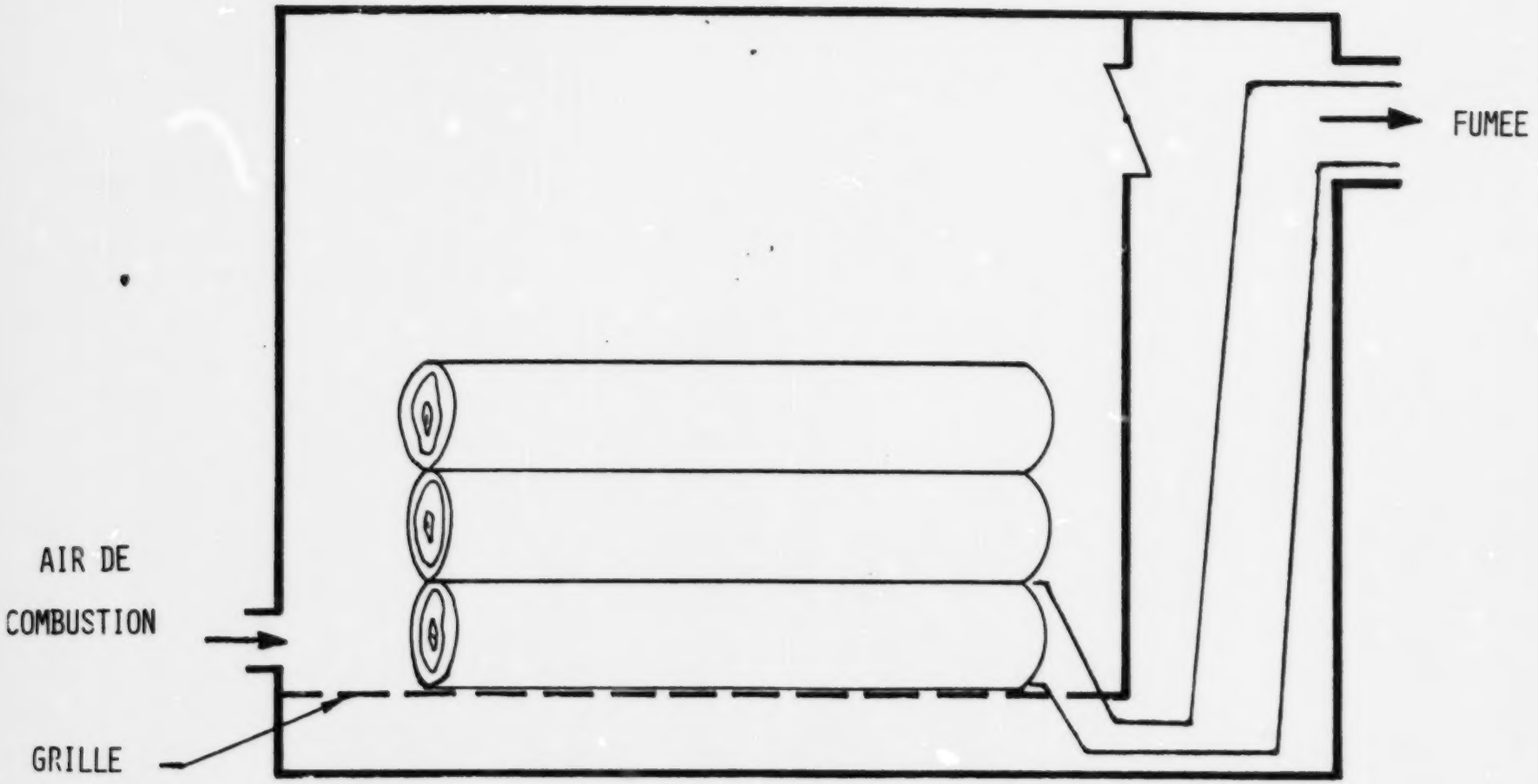

Figure 4. Schéma d'un poêle étanche à tirage vers le bas

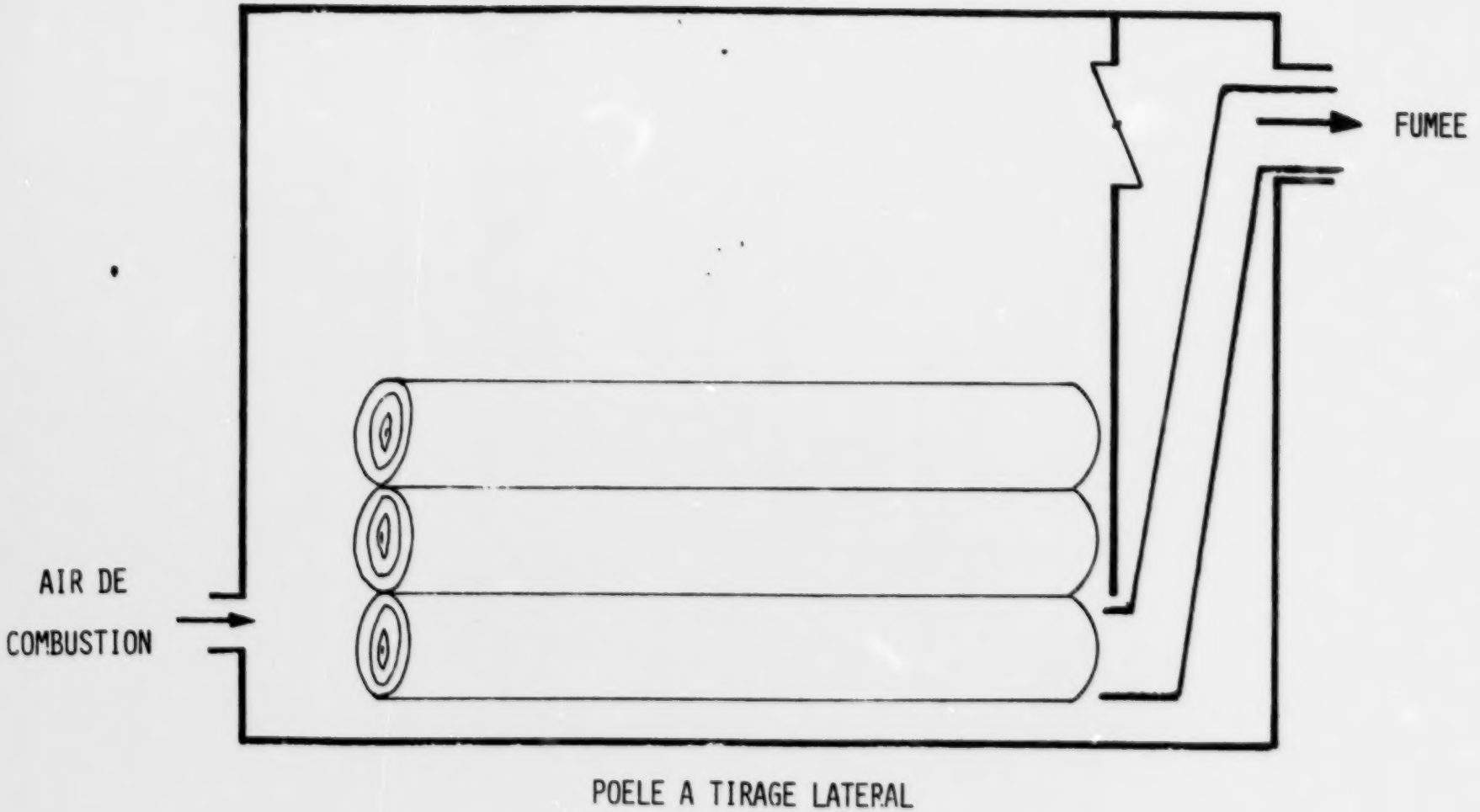

Figure 5. Schéma d'un poêle à tirage latéral

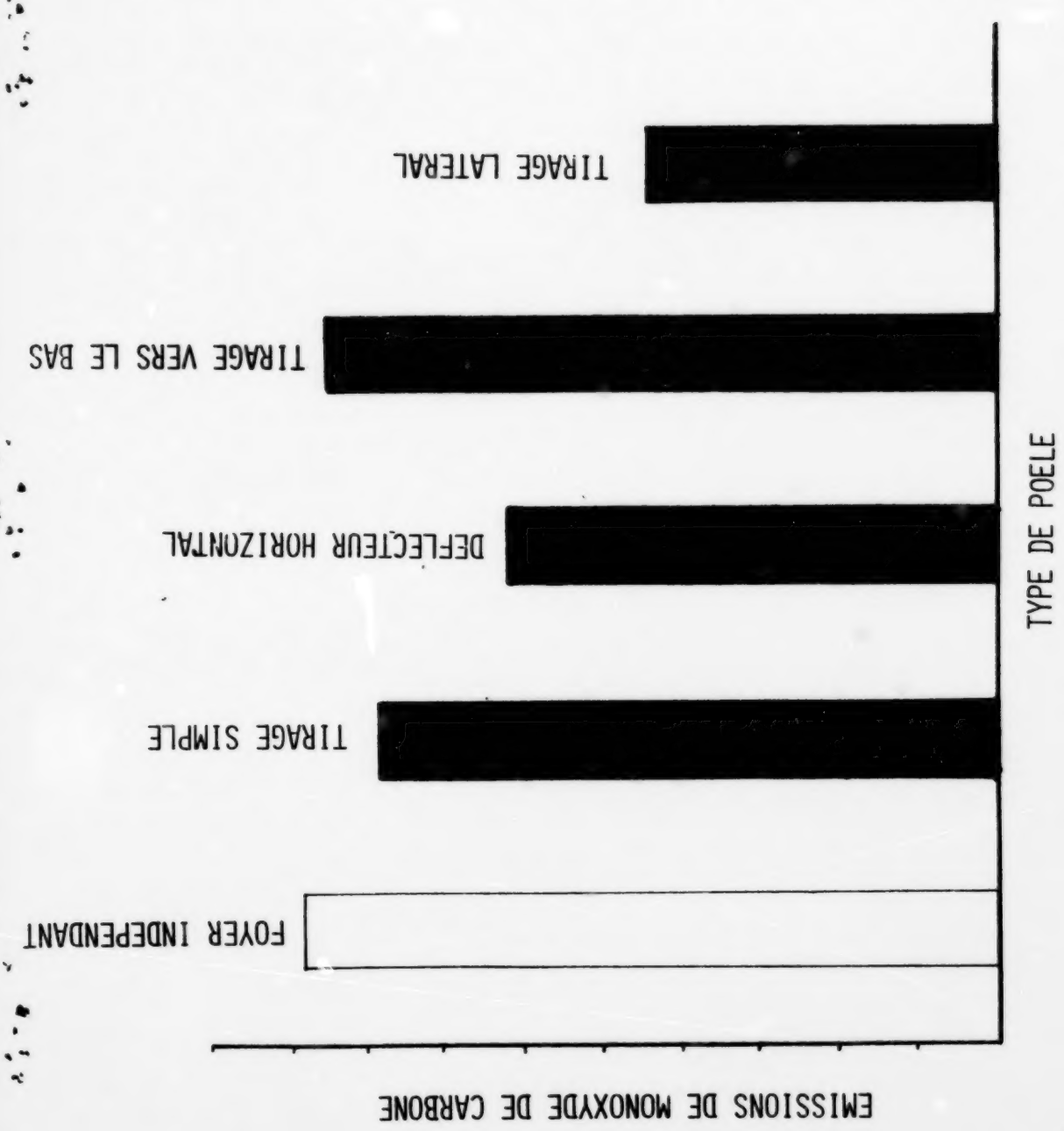

Figure 6. Emissions relatives de monoxyde de carbone, selon le type de poêle

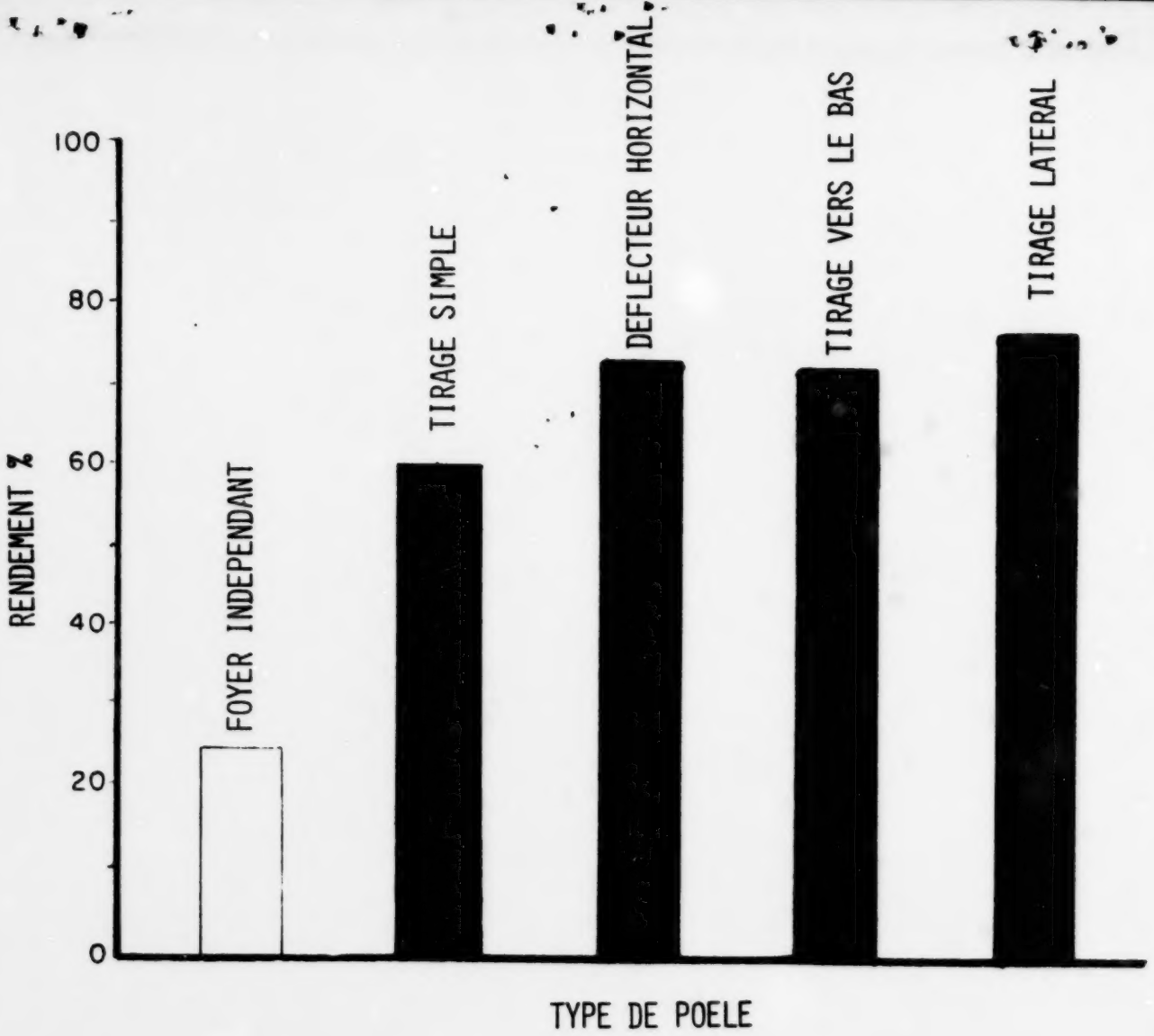

Figure 7. Rendement de divers types de poêles à bois